

# Missionsbetrieb einer Kometen-Mission

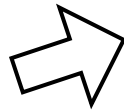
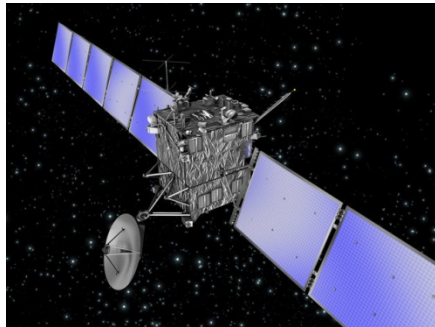
Koen Geurts – MUSC – DLR Köln



Knowledge for Tomorrow



# Rosetta und Philae Überblick



**ESA - ESOC**



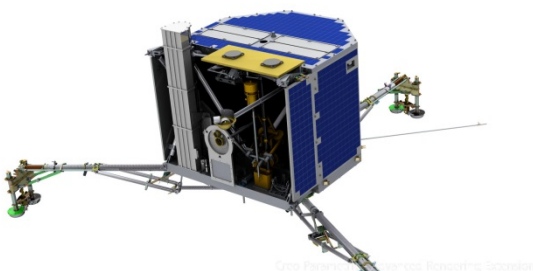
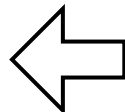
**DLR - LCC**



**ESA - ESAC**



**CNES - SONC**



## Philae Projektbeteiligung:

- Deutschland
- England
- Finnland
- Frankreich
- Irland
- Italien
- Österreich
- Ungarn



## Philae Verantwortlichkeiten:



- Wissenschaftliche Planung, Navigation / Flight Dynamics und Kommunikations- und Batterie-Subsystem



- Projektleitung, System- und operationeller Betrieb



- Subsystemen und Instrumenten und operationelle Unterstützung





## Lander Control Center @ DLR Köln:

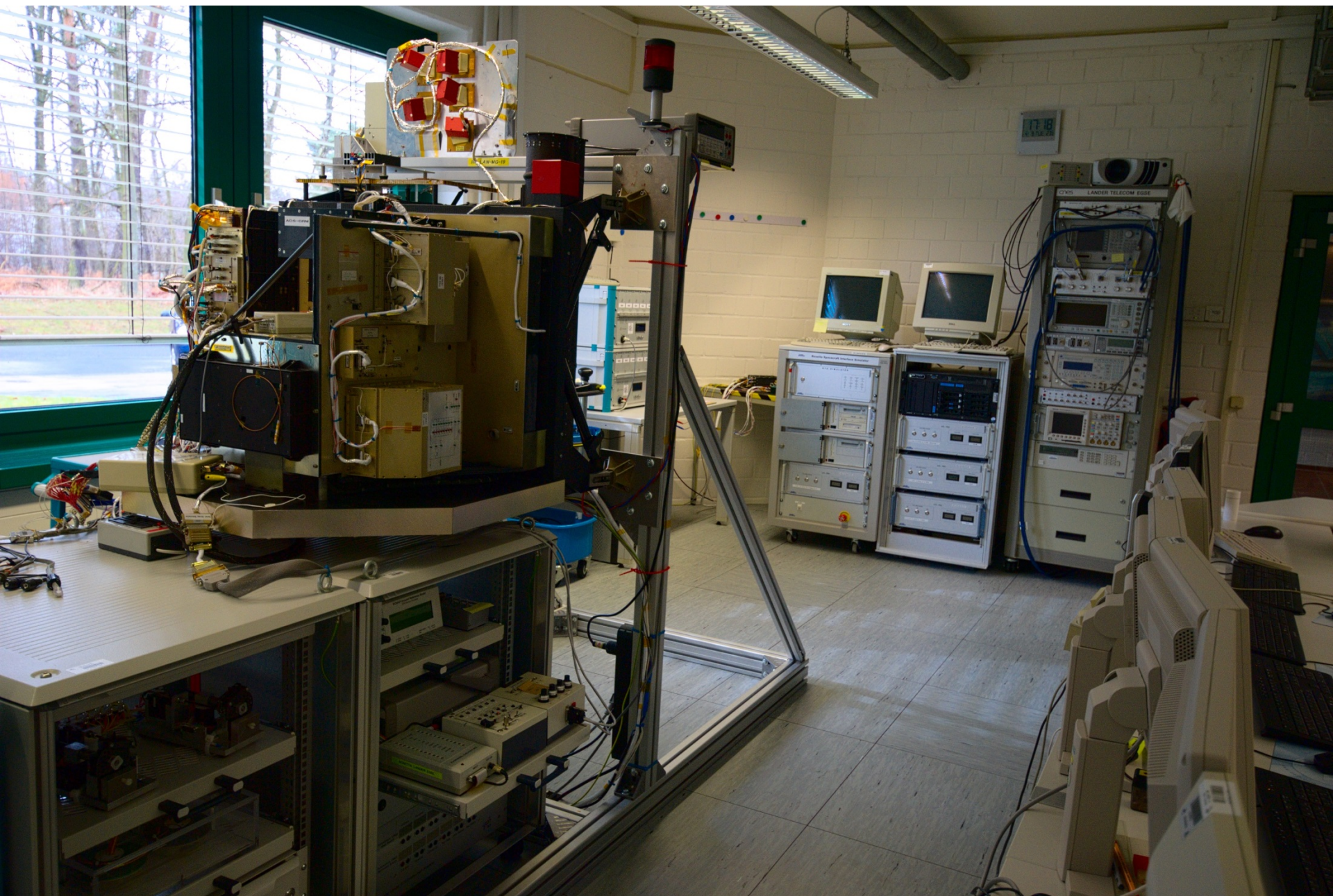
- Philae Operations werden vom LCC in Köln geplant, getestet und betrieben.
- Ein Team von etwa 15 Personen ist Vollzeit mit Philae beschäftigt.
- Das LCC ist ausgestattet mit einem Kontrollraum und einem Labor, um alle Aktivitäten testen und betreiben zu können.



## Lander Control Center @ DLR Köln:









## Rückblick: Start am 2. März 2004

- Wegen Problemen mit der Ariane 5 hat sich der Start verzögert. Deshalb hat man einen anderen Zielkometen gewählt, Tschurjumow-Gerasimenko.





## Rückblick: Inbetriebnahme

- Nach einem Raketenstart werden alle Systeme und Instrumente der Raumsonde eingeschaltet und überprüft.
- Die Wissenschaftler und Ingenieure erfahren, ob die langjährige Arbeit den ersten kritischen Schritt in einem Raumfahrtprojekt erfolgreich bestanden hat: ein spannender Moment!
- Außer einiger kleiner Probleme hat Philae den Start erfolgreich überstanden.



# Rückblick: Start einer 10 Jahr lange Reise!



## Rückblick: Mars Swing-By am 25. Februar 2007

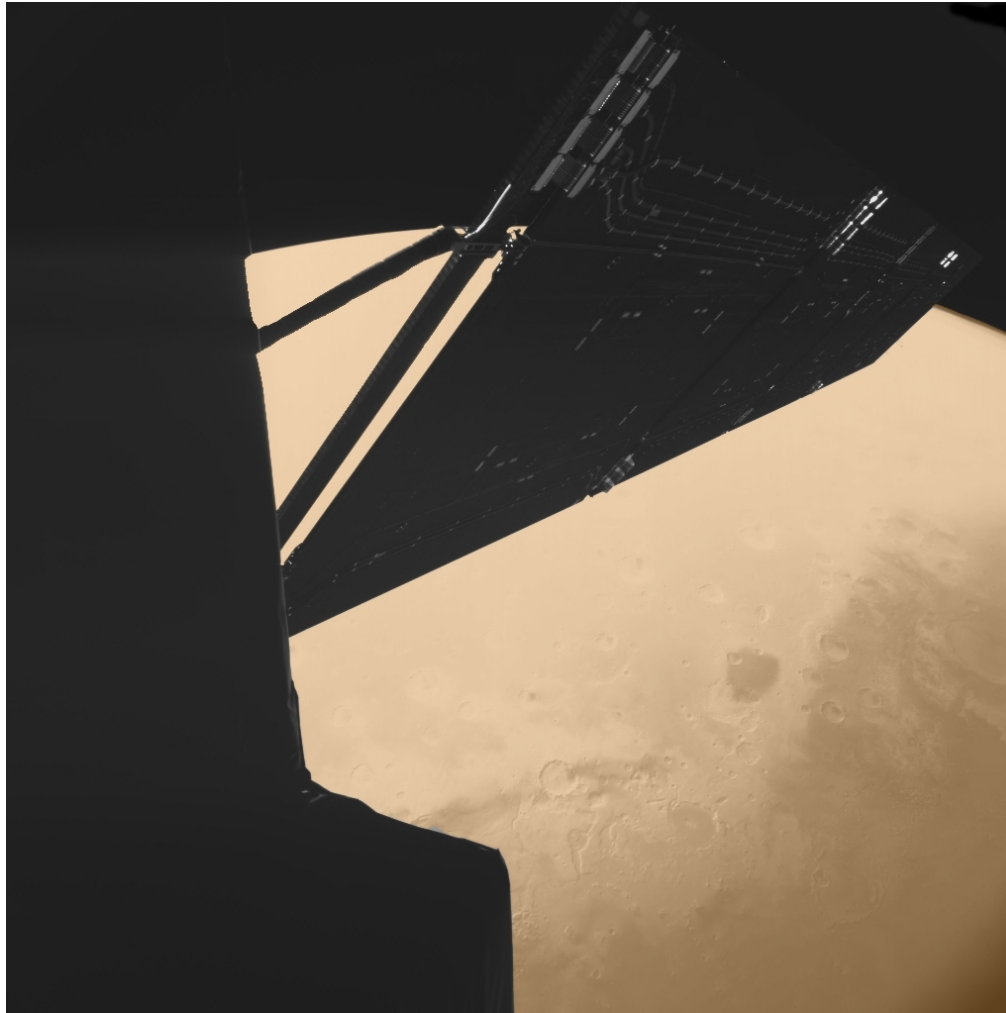


Bild: CIVA / Philae / ESA Rosetta





# Rückblick: Swing-By an der Erde am 13. November 2009



Bilder: ESA ©2009 MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA



# Rückblick: Asteroid Lutetia am 10. Juli 2010



# Rückblick: Asteroid Lutetia am 10. Juli 2010





## Rückblick:

- Seit dem Start in 2004 hat Philae 40 Flugevents durchgeführt, insgesamt über 2500 Betriebsstunden!
- Rosetta hält den Rekord für eine solarbetriebene Raumsonde, die am weitesten von der Sonne weg war: 5.29 AU



## Rückblick:

- Seit dem 8. Juni 2011:

**DEEP SPACE HIBERNATION**



# 20. Januar 2014:





# Deep Space Hibernation Exit:



## Landung auf einem Kometen:

- Erfolgreiche Landungen von Raumsonden auf Fremdkörpern hat es schon oftmals gegeben.
- NASA Curiosity ist ein sehr aktuelles und aufregendes Beispiel dafür.



Bild: NASA/JPL

- Was ist aber **der grundsätzliche Unterschied** zwischen diesen Landungen und der geplanten Philae Landung?



## Landung auf einem Kometen:



DATA



## Landung auf einem Kometen:

- In diesem Moment wissen wir nicht wo wir landen werden, wie der Komet aussehen wird, welche Masse er hat, wie seine Oberfläche aussieht und wie hart oder weich diese ist.
- Das war sogar bei der Viking 1 Mars Landung in 1975 anders.
- Die ersten tatsächlichen Informationen und Bilder werden erst im Sommer 2014 erwartet:

**3 Monate vor der Landung!!!**





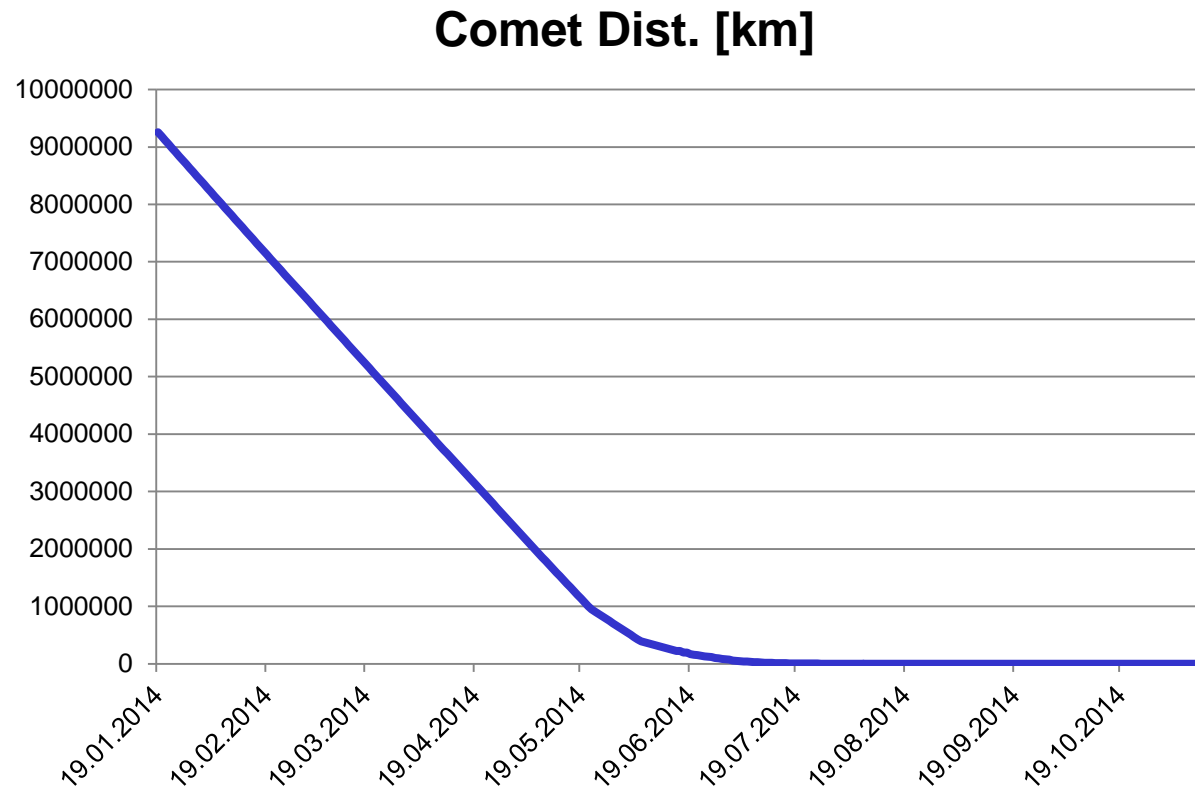
## Landung auf einem Kometen:

- Die unbekannten und möglicherweise feindlichen Eigenschaften des Kometen machen die Philae Landung und die anschließende wissenschaftliche Phase eine der größten und aufregendsten Explorationsmissionen überhaupt!



# Landung auf einem Kometen:

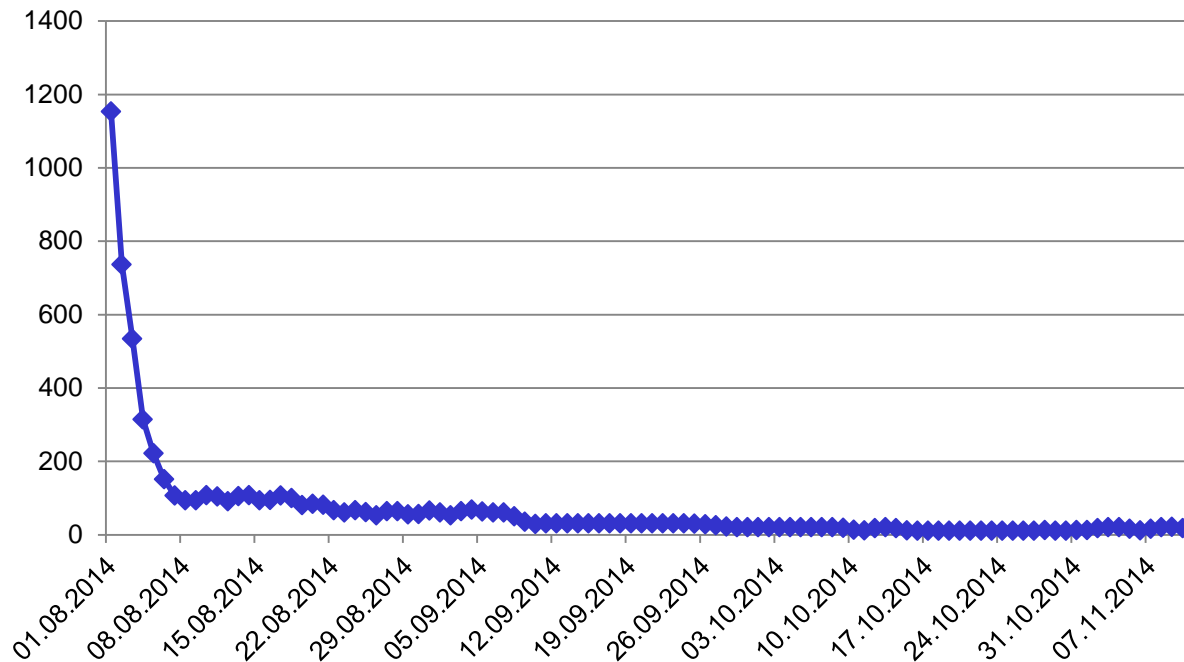
- Komet Rendezvous:



## Wie finde ich einen Landeplatz?

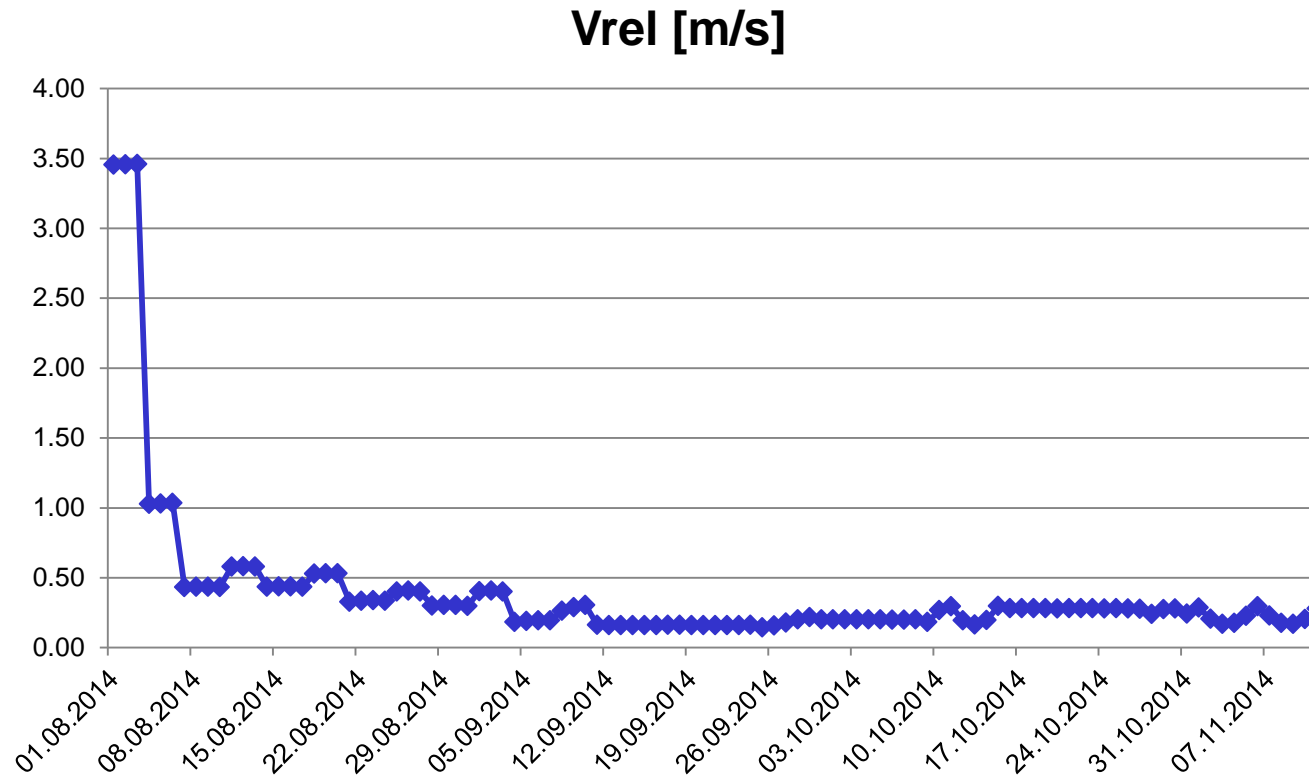
- Die Auswahl des Landeplatzes fängt im August an und läuft weiter bis 30 Tage vor der geplanten Landung am 11.11.2014

**Comet Distance [km]**



# Wie finde ich einen Landeplatz?

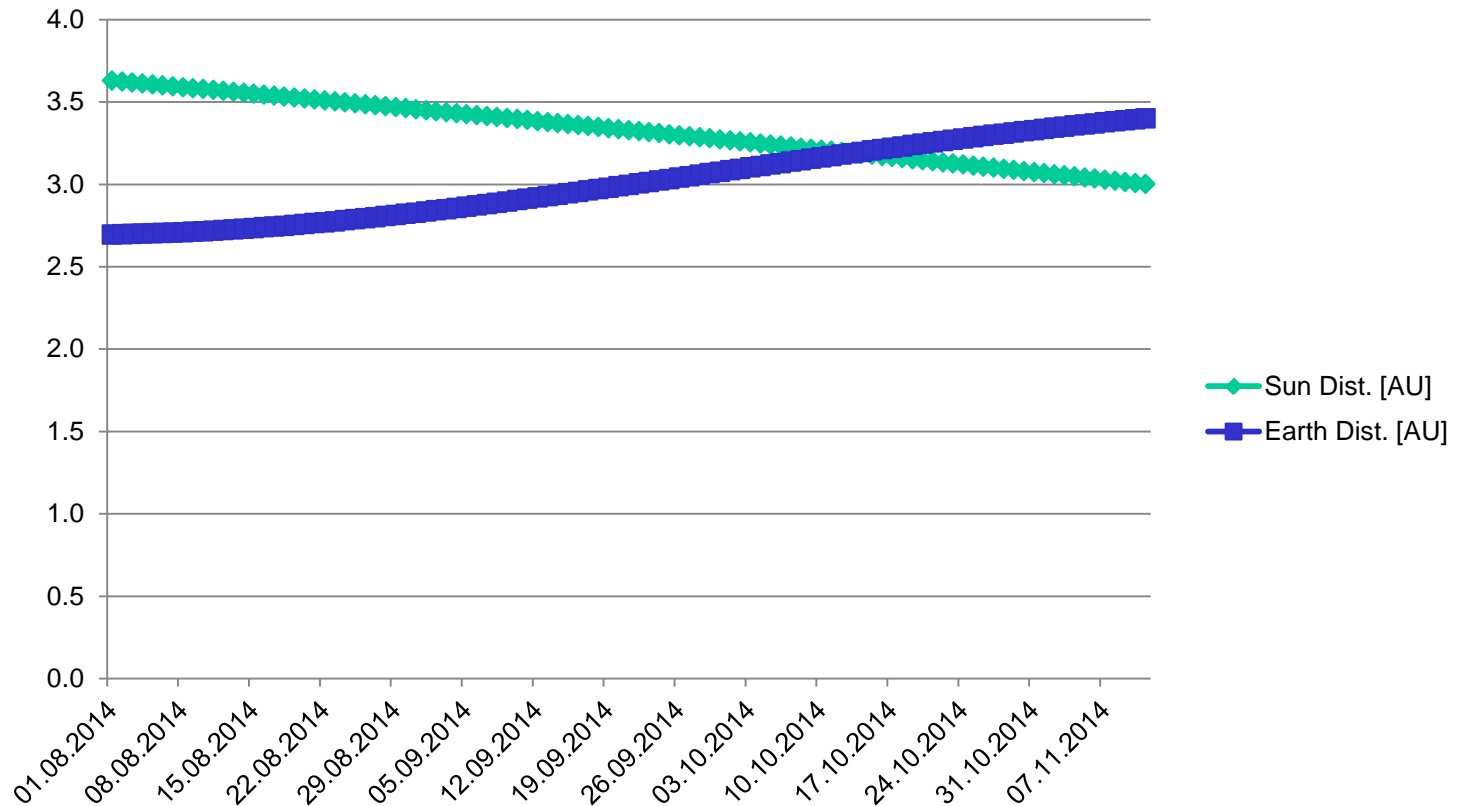
- Die Relativgeschwindigkeit wird reduziert





# Wie finde ich einen Landeplatz?

- Distanz zwischen dem Komet und der Erde und der Sonne



## Wie finde ich einen Landeplatz?

- Landung – 120 Tage: Selektion der möglichen Landeplätze fängt an
- L – 90 Tage: Das Philae Team selektiert 5 Landeplätze zur weiteren Beobachtung
- L – 60 Tage: Die 5 selektierten Landeplätze werden priorisiert
- L – 30 Tage: Der endgültige Landeplatz wird ausgewählt und letzte Vorbereitungen beginnen



# Landung!

- Die Landung wird zwischen 2 und 6 Stunden dauern, abhängig von den Kometeneigenschaften und der Landestrategie.
- Erste und unersetzbare wissenschaftliche Messungen werden während der Landung durchgeführt.
- Die Landung ist ein ballistischer Flug aus etwa 2.5 km Höhe.
- Das „GO for Landing“ wird ~7 Stunden vor Landung durch das Lander Control Center in Köln an die ESA im ESOC gegeben.
- Danach kann nur der On-Board Computer den Landevorgang abbrechen, falls etwas nicht in Ordnung ist!



# Landung!





# Wissenschaft auf dem Kometen

- Philae verfügt über eine:
  - Primärbatterie: ~1342 Wh
  - Sekundärbatterie: ~122 Wh
  - Solarkollektoren: ~7 – 40W (u. a. sonnenwinkelabhängig)
- Philae verbraucht:
  - Standby: ~6 W
  - Kommunikation: ~13.5 W
  - Wissenschaft: bis zu 30 W zusätzlich



# Wissenschaft auf dem Kometen



Creo Parametric Advanced Rendering Extension



## Wissenschaft auf dem Kometen

- Die Energie der Primärbatterie wird für ~48 Stunden non-stop Wissenschaft reichen. Das beinhaltet:
  - Eine Kometentomographie-Messung
  - Messung des Magnetfeldes und Interaktion zwischen Sonnenwind und Kometenkoma
  - Entnahme und On-Board Analyse zweier Kometen Bodenproben durch Gas-Chromatograph und Massenspektrometer
  - Ein 30cm langes Thermometer wird in den Kometen gehämmert
  - Seismologische Sensoren beobachten die Kometenaktivität
  - Ein Alpha-p-X-Ray Spektrometer untersucht die Kometenoberfläche



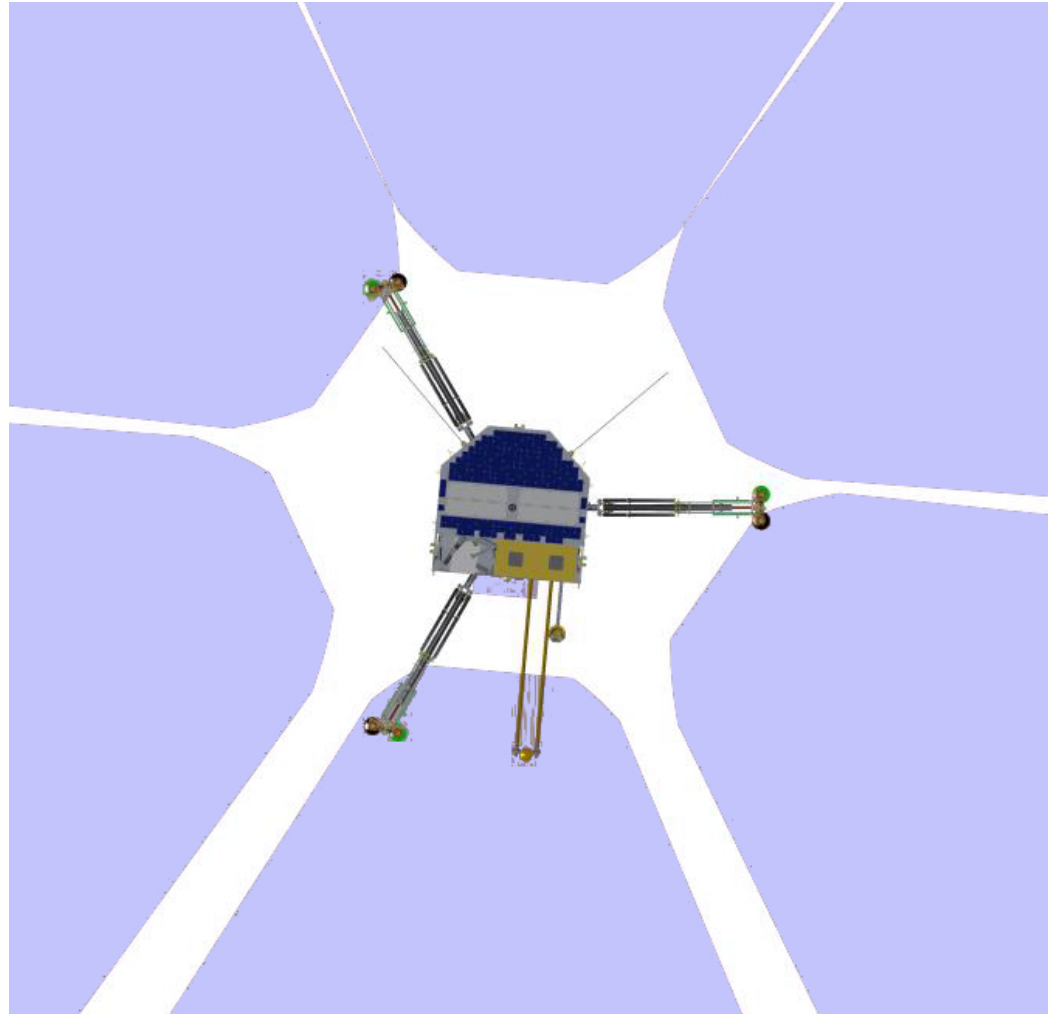
# MUPUS PEN (Thermometer) Hammering





# Wissenschaft auf dem Kometen

So wie jeder Tourist,  
wird Philae auch  
viele Fotos  
machen!!

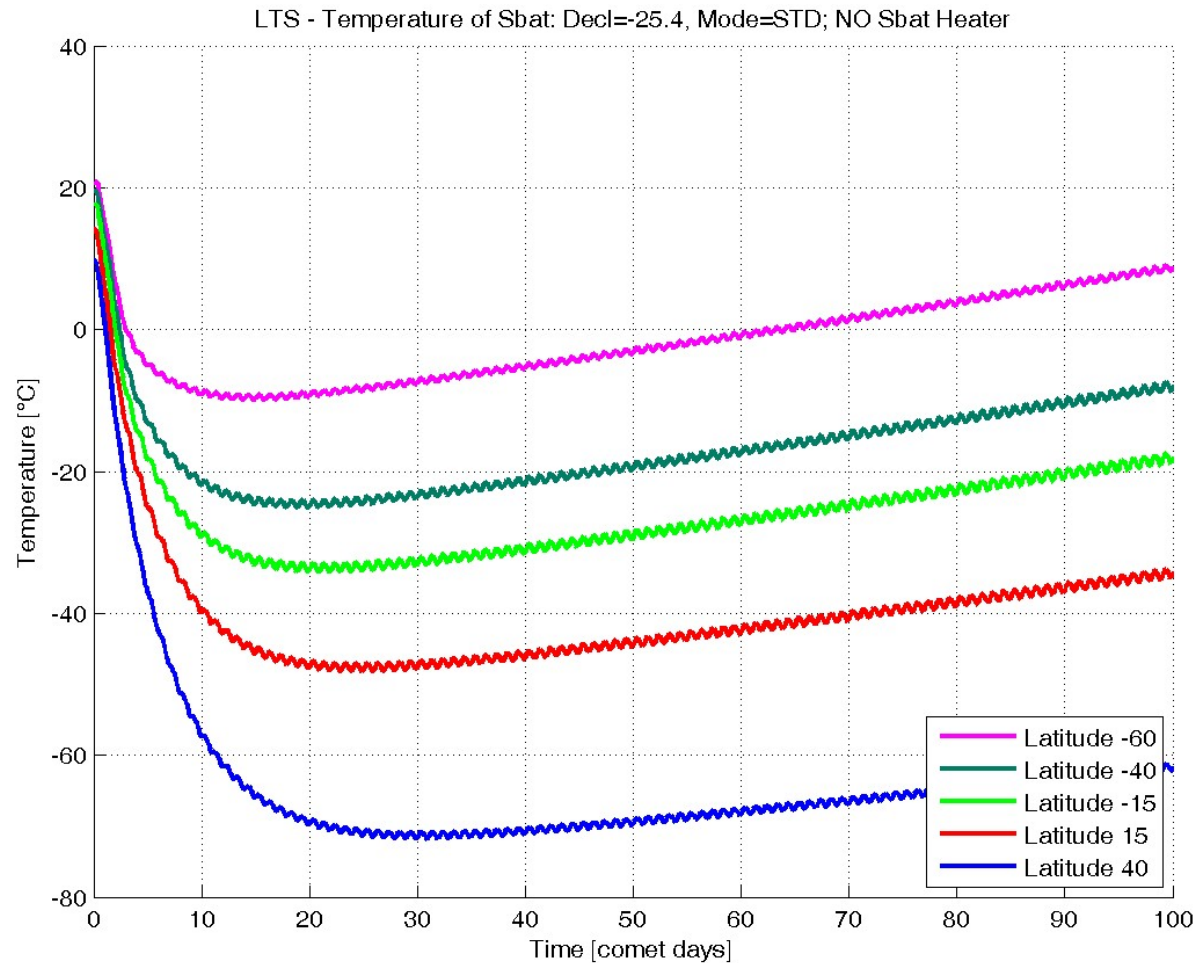


# Überleben auf dem Kometen

- Nach der ersten wissenschaftlichen Phase in Batteriebetrieb wird Philae weitere wissenschaftliche Messungen durchführen.
- Dabei wird die Sekundärbatterie immer wieder durch die Solarkollektoren aufgeladen.
- In Abhängigkeit vom Tag/Nacht Zyklus verändern sich die Philae internen Temperaturen.
- Philae ist mit mehreren Heizern ausgestattet, wodurch die innere Temperatur beeinflusst werden kann.



# Überleben auf dem Kometen



Tag/Nacht [h]

10.27/2.45

8.02/4.70

6.88/5.84

5.84/6.88

4.70/8.02



# Überleben auf dem Kometen

- Nach jetzigen Berechnungen erwarten wir, dass die Sekundärbatterie innerhalb von 4 bis 7 Kometentagen aufgeladen sein wird.
- Die wissenschaftlichen Messungen werden weitergehen bis Philae überhitzt.
- Nominell müsste Philae operationell bleiben bis  $\sim 2$  AU Sonnendistanz, was etwa 4 Monate Überleben auf dem Kometen entspricht.
- Zu diesem Zeitpunkt wird erwartet, dass Philae fundamentale Beiträge zur Kometenforschung und dem Verständnis von Kometen geliefert hat.





